

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2001-324475

(43)Date of publication of application : 22.11.2001

(51)Int.Cl. G01N 27/447

(21)Application number : 2000-147497

(71)Applicant : HITACHI LTD

(22)Date of filing : 15.05.2000

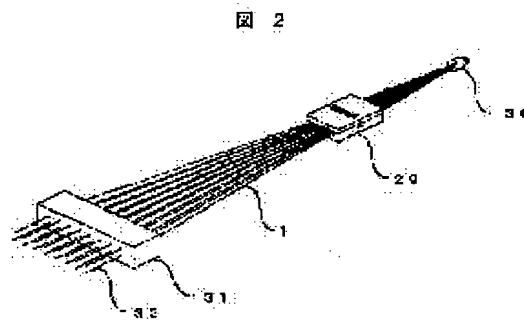
(72)Inventor : SHIMIZU YASUSHI  
KITA TOSHIKI  
TSUKADA SEIJI  
SUZUKI AKIHIRO  
MORIOKA TOMONARI  
KOJIMA MASAYA  
INANAMI YOSHIHITO  
TOKINAGA DAIZO  
YAMAMOTO SHUHEI  
OKISHIMA YOSHIYUKI  
FUKUNAGA MASAO  
FURUKAWA TAKAYASU  
SHOJI TOMOHIRO

## (54) CAPILLARY ARRAY

## (57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a capillary array, capable of being readily incorporated in an electrophoretic apparatus.

SOLUTION: The capillary array is equipped with a light detection part, a sample supply part, a buffer solution supply part and a voltage-applying part, and since this capillary array has all of the functions necessary for electrophoresis, it can be incorporated in the electrophoresis apparatus for immediate used.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

19.02.2003

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision  
of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's  
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2000 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開 2001-324475

(P 2001-324475 A)

(43) 公開日 平成13年11月22日 (2001. 11. 22)

(51) Int. Cl. 7

識別記号

F I

テーマコード\* (参考)

G 0 1 N 27/447

G 0 1 N 27/26

3 3 1 G

3 3 1 K

審査請求 未請求 請求項の数 6

O L

(全 8 頁)

(21) 出願番号 特願2000-147497 (P2000-147497)

(22) 出願日 平成12年5月15日 (2000. 5. 15)

(71) 出願人 000005108

株式会社日立製作所

東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地

(72) 発明者 清水 康司

茨城県ひたちなか市大字市毛882番地 株

式会社日立製作所計測器グループ内

(72) 発明者 喜多 敏昭

茨城県ひたちなか市大字市毛882番地 株

式会社日立製作所計測器グループ内

(74) 代理人 100075096

弁理士 作田 康夫

最終頁に続く

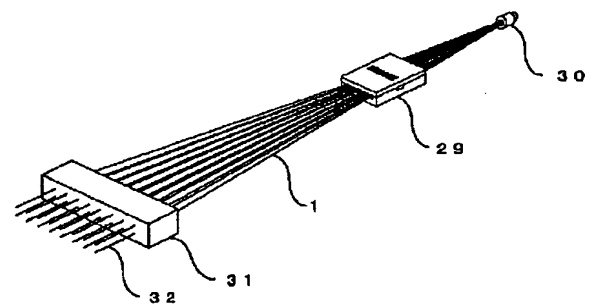
(54) 【発明の名称】 キャピラリアレイ

(57) 【要約】

【課題】 電気泳動装置に容易に組み込む事ができるキャピラリアレイを提供する。

【解決手段】 光検知部、試料供給部、緩衝液供給部及び電圧印加部を備えたキャピラリアレイであって、電気泳動に必要な機能をすべて備えているから、電気泳動装置へ組み込めば直ちに使用できる。

図 2



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】表面にポリマー保護膜を有し、一端が束ねられ他端が広げられた複数のキャピラリーと、該キャピラリーが近接してほぼ平面上に整列されて上記ポリマー保護膜が除去された光検知部と、上記広げられたキャピラリーを一体に保持し、電極を内蔵したヘッドと、該ヘッドに電氣的に接続され、試料液中に浸漬される電極と、上記束ねられたキャピラリーに設けられた他方の電極とを有するキャピラリーアレイ。

【請求項 2】保護被覆を有する複数のキャピラリーの一端を束ねて、その端部を平滑に揃えて緩衝液注入口を形成し、該キャピラリーの他端は電極を内蔵したキャピラリーヘッドを貫通して、該電極と電氣的に接続された金属管に挿入され、該キャピラリーの中間部に光検知部を形成し、該光検知部はキャピラリーの保護被覆を除去して、第 1 の支持基板と第 2 の支持基板とにより積層されて、該基板の一方に形成された窓から蛍光を発するように構成され、該支持基板の蛍光発射側とは反対側の面に黒塗を形成したキャピラリーアレイ。

【請求項 3】該キャピラリーアレイの光検知部の支持基板の一方にレーザ光が通過する溝を設け、その底面が蛍光の反射を減少するように加工されている請求項 2 記載のキャピラリーアレイ。

【請求項 4】該キャピラリーヘッドのキャピラリーが切り揃えられて管に密に挿入され固定されている請求項 3 記載のキャピラリーアレイ。

【請求項 5】該試料注入口を保護するキャップを取り付けた請求項 1 記載のキャピラリーアレイ。

【請求項 6】該試料注入口におけるキャピラリーを該金属管からわずかに突出させた請求項 1 記載のキャピラリーアレイ。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は DNA、蛋白質等の試料を分離分析するキャピラリーアレイ電気泳動装置に用いられるキャピラリーアレイに関する。

## 【0002】

【従来の技術】複数のキャピラリーを組み合わせアレイを構成し、各キャピラリーに電気泳動媒体と分析又は分離すべき試料を供給、移動させて、対象となる試料を分離・分析などに利用する技術はよく知られている。蛍光物質で標識された DNA、蛋白質などの試料をキャピラリーに供給する。このような技術は、米国特許第 5366608、同 5529679、同 5516409、同 5730850、同 5790727、同 5582705、同 5439578、同 5274240 などに記載されている。分離・分析のスループットの観点からすると、平板ゲルを用いた電気泳動法よりもマルチキャピラリーを用いた方が、多くの利点がある。

【0003】特開平 9-96623 号公報には、マルチ

キャピラリーアレイを用いて、蛍光標識された試料を電気泳動により分離・分析する技術が開示されている。キャピラリーアレイ電気泳動装置の基本構成は、キャピラリーアレイ、レーザ光源等からなる励起光学系、蛍光を検出する受光光学系及び電気泳動させるための電圧印加部等より構成される。キャピラリーアレイは、キャピラリーを平面状に配列した構造で、キャピラリーの配列面と平行方向から、蛍光体で標識された試料（蛍光試料）が満たされたキャピラリーにレーザを照射し、キャピラリーのレンズ作用によってレーザを集光させることにより、すべてのキャピラリー内の蛍光試料にレーザを照射する。レーザが照射させられた蛍光試料は蛍光を発光する。レーザの照射方向とはほぼ垂直方向に発光する蛍光試料からの蛍光を受光光学系で検出することにより、試料測定を行う装置である。

【0004】この公報においてはアレイの検知部は概略図で記載されているが、電気泳動装置に組み込むための具体的なキャピラリーアレイの全体構成は記載されていない。

## 【0005】

【発明が解決しようとする課題】本発明の目的は、上記キャピラリーアレイ電気泳動装置に好適な具体的なキャピラリーアレイの構成を提供することである。

## 【0006】

【課題を解決するための手段】本発明は、光検知部、緩衝液注部、電極内蔵キャピラリーヘッドを備えたキャピラリーアレイを提供する。本発明のキャピラリーアレイは電気泳動装置に必要な機能を備えたものである。

【0007】本発明をより具体的に説明すると、表面にポリマー保護膜を有し、一端が束ねられ他端が広げられた複数のキャピラリーと、該キャピラリーが近接してほぼ平面上に整列されて上記ポリマー保護膜が除去された光検知部と、上記広げられたキャピラリーを一体に保持し、電極を内蔵したヘッドと、該ヘッドに電氣的に接続され、試料液中に浸漬される電極と、上記束ねられたキャピラリーに設けられた他方の電極とを有するキャピラリーアレイに関する。

【0008】また、他の実施態様によれば、保護被覆を有する複数のキャピラリーの一端を束ねて、その端部を平滑に揃えて緩衝液注入口を形成し、該キャピラリーの他端は電極を内蔵したキャピラリーヘッドを貫通して、該電極と電氣的に接続された金属管に挿入され、該キャピラリーの中間部に光検知部を形成し、該光検知部はキャピラリーの保護被覆を除去して、第 1 の支持基板と第 2 の支持基板とにより積層されて、該基板の一方に形成された窓から蛍光を発するように構成され、該支持基板の蛍光発射側とは反対側の面に黒塗を形成したキャピラリーアレイが提供される。

【0009】該キャピラリーアレイの光検知部の支持基板の一方にレーザ光が通過する溝を設け、その底面が蛍光

の反射を減少するように加工してもよい。該キャピラリーヘッドのキャピラリーが切り揃えられて管に密に挿入され固定されている。固定の方法は接着剤を注入して硬化するなどの方法がある。該試料注入口を保護するキャップを取り付けることにより、キャピラリーレイの輸送、取り扱い、管理が安心して行える。また、使用中断中のキャピラリーレイの開放端の乾燥を防ぐことができる。該試料注入口におけるキャピラリーを該金属管からわずかに突出させる。

【0010】光検知部においては、蛍光を発生する窓とは反対側に反射光遮蔽膜を設けてノイズを減らすようにしてある。キャピラリーレイの試料供給部にはアレイヘッドの電極に電氣的に接続した金属管電極が設けてあり、この中にキャピラリーが挿入され、かつ金属管内で接着剤等により固定されている。

【0011】試料供給部の先端には、緩衝液を入れることができるキャップが取り付けられるようになっており、運搬中は試料供給部の先端を保護する。キャピラリーレイを電気泳動装置に組み込んで分離・分析に使用した後、分析を中断するときは、上記キャップに緩衝液を入れて、キャピラリー先端の乾燥を防止することによって、キャピラリーがいつでも再使用できる状態に保持することができる。

【0012】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施形態を図を参照して詳細に説明する。

【0013】図1は、本発明のキャピラリーレイを電気泳動システムに適用したときの概略図である。複数のキャピラリーたとえば16本をまとめて1つのアレイにする。光検知部29には下部支持板a（ガラス基板）と上部支持板b（シリコン基板）が設けられ、キャピラリーのポリイミド被覆を除去して透明にした部分が、窓に設けられる。図2には本発明のキャピラリーレイの全体構造が示され、キャピラリー1、光検知部29、キャピラリーヘッド30及び電極内蔵ロードヘッダー31を備えている。キャピラリーの先端は、電極管32に挿入され、固定されている。電気泳動の電圧はキャピラリーヘッド30とロードヘッダー31の間に掛けられる。

【0014】図1において、レーザ光源20により発生するレーザ33はビームスプリッター22により2分割され、ミラー21により進行方向が変更される。集光レンズ23によりレーザ33は集光され、キャピラリー1が配列する平面と平行方向から、キャピラリー1を照射する。キャピラリー1の内部は蛍光標識された試料（蛍光試料34）で満たされており、レーザ33を蛍光試料34に照射することにより、蛍光試料34が蛍光35を発生する。蛍光35の検出は、キャピラリー1が配列する平面とほぼ垂直方向に発生する蛍光35を、第1レンズ24により平行光にし、光学フィルタ及び像分割プリズム25により像分割をした後、第2レンズ26により

CCDカメラ27に結像し、CCDカメラ27により検出することにより行ない、検出する測定データは処理演算装置28により処理する。

【0015】なお、図1においては、レーザ33は光検出部29の両側から照射しているが、片側のみ照射させる構成でもよく、受光光学系においても、図1に示す構成に限るものではない。また、キャピラリー1の構成本数は16本に限るものではなく、緩衝液注入口30や導電性蛍光試料注入口32の構成などについても図1に示す構成に限るものではない。

【0016】続いてキャピラリーアレイ電気泳動装置の操作手順を説明する。緩衝液容器17に入っている緩衝液36を、緩衝液注入口30からキャピラリー1内に注入する。次に蛍光試料34で満たされた蛍光試料容器18に導電性蛍光試料注入口32を入れ、キャピラリー1内に蛍光試料34を注入する。その後、導電性蛍光試料注入口32を緩衝液の入った緩衝液容器（図では省略）に入れ、緩衝液注入口30と蛍光試料注入口31との間に高電圧電源19により高電圧を印加することにより、電気泳動を生じさせる。電気泳動の移動速度は分子の電荷の大きさに比例し、分子の大きさに逆比例するので、蛍光試料34は分離される。高電圧を長時間印加し続けることにより電気泳動を長時間生じさせ、この時に発光する蛍光35を連続的に測定するものである。

【0017】光検出部の詳細構造が図3に示されている。図3においては、ガラス基板3とシリコン基板2との間に、ポリイミド被覆10の除去部9を設けたキャピラリーアレイ1を挟んでいる。ガラス基板にはレーザ光が通過する溝が形成され、その溝の底面はすりガラス11になっている。なお、ガラス基板の溝部以外はレーザ非照射部5である。

【0018】シリコン基板2には蛍光を取り出すための窓6を有する窓枠7が設けられる。ガラス基板の外側には黒塗46が形成され、蛍光の反射によるノイズを減少させる。

【0019】図4は、図3のレーザ非照射部5における断面を示す。

【0020】ポリイミド被覆が接触するガラス基板3表面は干渉縞が観察される程度に高精度に加工されており、平面度が高い。複数本のキャピラリーはポリイミド樹脂10を介して前述の高平坦面に接触させ、配列させてある。これにより複数本のキャピラリーはガラス基板3に倣うことになり精度良く且つ簡単に配列することができる。シリコン基板2にはV溝8が形成され、キャピラリーをこの溝内で整列する。

【0021】図5は、図3のレーザ照射部4における断面を示す。（a）は黒塗46が無いときの説明図で、

（b）は黒塗46が有るときの説明図である。

【0022】まず黒塗46が無い（a）の時、レーザ47は前述の精度良く配列された複数本のキャピラリーを串

刺しするように通過する。この時溶融石英管 9 の表面から散乱光 51 がガラス基板 3 を通過し、ガラス基板 3 と対面する対面部材 49 の表面の蛍光発生物質に照射され、その時発生する発光 52 が溶融石英に戻り、さらに貫通窓 6 を通過して、第一レンズ 24 に向かい、ノイズを拾うことになる。また、ガラス基板 3 の裏面に蛍光発生物質 50 が付着している場合でも同様で、ノイズとなる。

【0023】しかし、(b) のように、ガラス基板 3 の裏に黒塗 46 を施しておく、対面部材に蛍光発生物質 50 があっても、さらに黒塗 46 を施した後に蛍光発生物質が付着しても、散乱光 51 は黒塗 46 に吸収され、ノイズの原因が取り除かれる。

【0024】もちろん、黒塗 46 の物性は蛍光を発生しない塗料を使用する。代表的な塗る作業はシルクスクリーンなどが用いられる。もちろんその他の印刷方法でもかまわないし、手塗りでも十分である。

【0025】図 6 は、図 3 を上から見た代表的平面図で概略を示している。シリコン基板 2 は 2 点鎖線で示す。シリコン基板 2 に設けられている貫通窓 6 も 2 点鎖線で示してある。複数本のキャピラリが並んでいる状態を示してある。

【0026】図 6 によりキャピラリの整列を説明する。光検出部のキャピラリはその部分だけ、溶融石英管 9 を被覆しているポリイミド樹脂 10 が除去されている。従来、この除去は 1 本毎に別々に所定の寸法だけ除去された後、その除去部分を整列させていた。この時 1 本毎のため所定の除去幅に加工誤差が生じ、除去幅がまちまちとなる。またその除去部の特に境界（ポリイミド樹脂 10 が切れている境界）を合わせる様に整列させるが、この時にも合わせ誤差が生じ多くの作業時間が掛かる。通常、境界部分が合っていないことですぐに確認できる。最悪の場合は、ポリイミド樹脂が貫通窓 6 から見えることになり、検出に大きな影響を及ぼすことになる。

【0027】そこで、1 本毎の被覆除去はやらないで、まずキャピラリを整列させた後、一括してポリイミド樹脂を除去すれば、複数本のキャピラリのポリイミド樹脂 10 の除去部がきれいに整列される。前述の境界部が揃っていることですぐに確認できる。除去部の所定の幅、所定の位置は複数本のキャピラリを一緒に自由に変えら

れる。

【0028】図 7 は本発明の実施形態であるロードヘッダー部の説明図である。ロードヘッダー部は、キャピラリ 211、金属管として電極 SUS パイプ 212、ホルダ 214、ホルダカバー 215、電極 216 などから構成される。ホルダ内部は、燐青銅製の電極板 216 に SUS パイプ 212 を通して溶接したものが組込まれている。図 7 に示すように、キャピラリ 211 は、ホルダカバー 215 の穴を経由して、SUS パイプの中を通し、SUS パイプの反対側端面に 1mm 弱突き出している。

【0029】キャピラリヘッドと蛍光検出部が組まれた 16 本のキャピラリのロードヘッダー側の先端を、蛍光検出部の中心から  $L+10\text{mm}$  の長さに切り揃える。ここで  $L$  は、ロードヘッダーが組立完成後における蛍光検出部の中心からロードヘッダー先端までのキャピラリ長さで、シーケンサーの分離性能と泳動時間などから所定の長さが要求され、例えば、220、360、500、800mm などに設計される。次に、キャピラリ 211 をロードヘッダーカバー 215 の穴から各キャピラリに対応した SUS パイプ 212 を通す。そして、各キャピラリ 211 が SUS パイプ 212 の先端から 10mm だけ出るように調整した状態で、ロードヘッダーカバー 215 の穴に接着剤を注入し、各キャピラリ 211 をロードヘッダーカバー 215 に固定する。

【0030】次にロードヘッダー先端部の加工を説明する。図 8 はその説明図を示す拡大断面図である。図に示すように、SUS パイプ 212 とキャピラリ 211 の間に接着剤 217 を注入し、SUS パイプ 212 とキャピラリ 211 の隙間を封じる。その後、ブレードを用いた切断装置で、キャピラリ 211 の先端を SUS パイプ 212 の端面から 0.5~1.0mm の長さに切断する。以上の方法により、ロードヘッダー先端から蛍光検出部までの各キャピラリ 211 の長さを一定に揃えることが可能で、16 本のキャピラリ 211 の泳動時間を均一に出来る。また、SUS パイプ 212 とキャピラリ 211 の隙間を封じた構造は、サンプル液が隙間に入るのを防止し、別サンプルを測定する場合のキャリーオーバーを防止するのに不可欠である。

【0031】次に、キャピラリ 211 の SUS パイプ 212 先端からの長さは、DNA 分子をキャピラリ内に導入するための最適電場形成に 0.5mm 以上が必要である。一方、図 8 に示すように、マイクロリッター程度の微量サンプルを測定するためには、キャピラリ 211 の先端長さは 1.0mm 以下にする必要がある。0.5~1.0mm の長さは、SUS パイプ 212 先端の接着剤封入作業と、キャピラリ先端の切断作業にも適切な長さである。

【0032】本発明の他の実施形態であるロードヘッダーの SUS パイプ 212 の先端形状を説明する。全体の構造は上記実施形態と同じであるが、ホルダに内蔵される側の先端を、円錐上に広げた形状の SUS パイプ 212 を使用する。その結果、ロードヘッダーカバー 215 の穴からキャピラリ 211 を SUS パイプ 212 に挿入する時、両者の穴の同心度が多少ずれていても、容易に挿入でき、作業性が向上できる効果がある。

【0033】図 9 は本発明におけるキャピラリアレイの試料注入部とその保護キャップとの関係を示す斜視図である。キャピラリアレイのロードヘッダ 31 の先端にある試料注入部をキャップ 341 にはめ込む様に構成する。これにより、キャピラリアレイの運搬時の保護を図ることができ、しかもキャピラリアレイを使用して電気

泳動装置の運転を一次中断する場合、あるいは何らかの理由でキャピラリアレイを電気泳動装置から取り外して保管する場合、キャピラリ先端が乾燥しないように緩衝液などをキャップに入れてこの中にキャピラリアレイを浸しておく事でキャピラリアレイを保護できる。キャップ 341 のつば部 134 はロードヘッダー 31 との密着を図る。

【0034】図 10 は本発明におけるキャピラリヘッドと保護キャップとの関係を示す図である。30 にシリコン製のキャップ 111 をはめ込む構成になっている。これにより、図 9 の保護キャップ 341 と同様、キャピラリアレイの運搬時の保護を図ることができる。また、キャピラリアレイを電気泳動装置から取り外して保管する場合、キャピラリヘッド先端の乾燥を防ぐことができる。

【0035】なお以上説明したキャピラリアレイにおいて使用しているキャピラリ 1 は、内径  $50 \pm 10 \mu\text{m}$ 、外径  $340 \pm 20 \mu\text{m}$  の熔融石英チューブを使用する。熔融石英チューブはそれ自体だと非常に折損し易いので、 $15 \pm 5 \mu\text{m}$  厚さのポリミド被覆をつける。キャピラリ 1 の内径は蛍光試料 34 の微量化を考慮すると細い方が望ましいが、蛍光試料 34 と熔融石英の屈折率差による凹レンズ効果を抑えるためには内径が細すぎない方がよい。熔融石英管内径を  $50 \sim 100 \mu\text{m}$  が好ましい。また、外径は上記屈折率差による影響を抑えるためには、細い方がよいが、細くなると逆に静電気により組立てしづらくなるため、熔融石英管外径を  $250 \sim 350 \mu\text{m}$  が好ましい。

【0036】また、キャピラリ 1 の被覆材としてはポリミド樹脂 10 に限る必要はなく、ポリミド樹脂 10 と同等の電気絶縁性、およびその他諸特性を持つ部材を用いてもよい。

【0037】以上のように、本発明のキャピラリアレイは、電気泳動装置に組み込むのに必要な光検知部、電圧

印加部及び緩衝液ゲル供給部が一体となっており、電気泳動に必要な基本機能を備えたキャピラリアレイである。

#### 【0038】

【発明の効果】本発明によれば、取り扱い性がよく、機械的な保護が十分確保され、しかも電気泳動装置に取り付け、取り外しが容易なキャピラリアレイを提供することができる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明のキャピラリアレイが適用される電気泳動システムを示す概略図である。

【図 2】本発明によるキャピラリアレイの構成を示す斜視図である。

【図 3】本発明によるキャピラリアレイの光検知部の構成を示す分解図である。

【図 4】本発明によるキャピラリアレイの光検知部の非照射部の構成を示す概略断面図である。

【図 5】図 3 における黒塗の作用を説明する図である。

【図 6】図 3 の平面図である。

【図 7】ロードヘッダー近傍の構成を示す一部切り欠き斜視図である。

【図 8】キャピラリ先端具体構成を説明する断面図である。

【図 9】ロードヘッダーと保護キャップとの関係を説明する斜視図である。

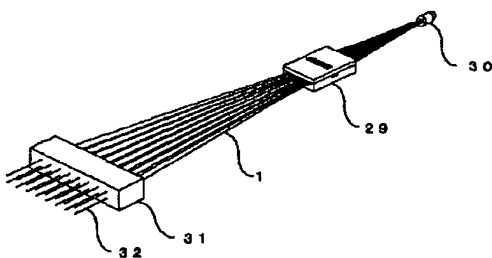
【図 10】キャピラリヘッド部の構造を示す斜視図である。

#### 【符号の説明】

1…キャピラリ、2…シリコン基板、3…ガラス基板、4…レーザ照射部、5…レーザ非照射部、6…貫通窓、7…貫通窓枠、8…V溝、9…除去所、10…ポリミド樹脂、11…すりガラス面、46…黒塗、212…SUSパイプ。

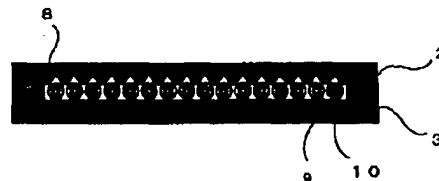
【図 2】

図 2



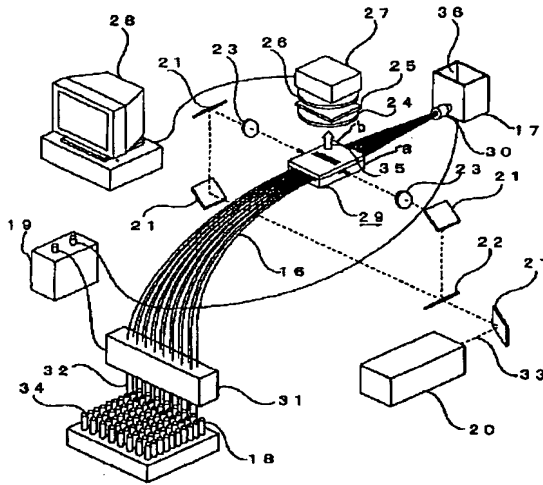
【図 4】

図 4



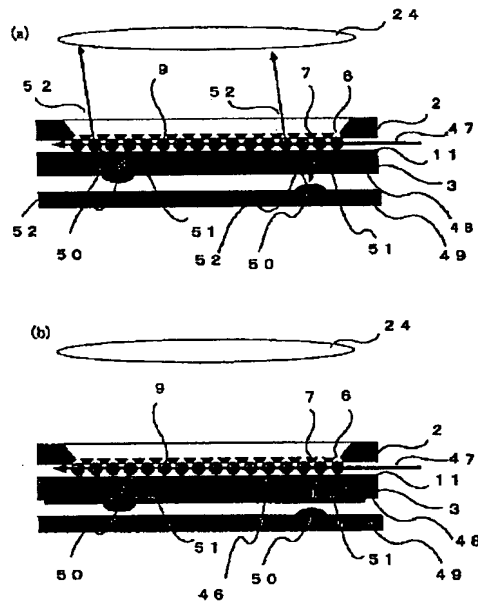
【図 1】

図 1



【図 5】

図 5



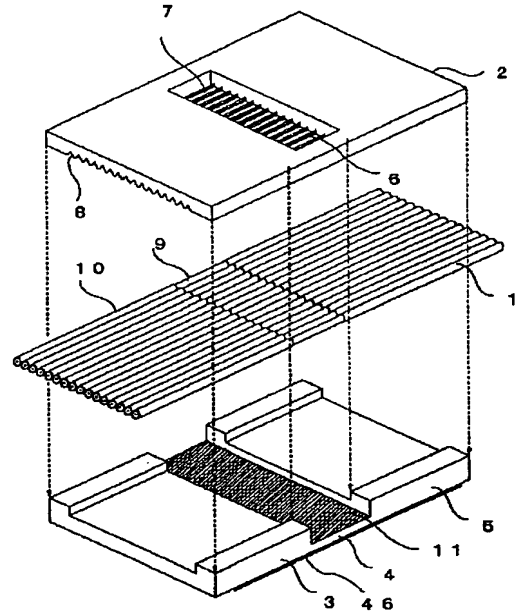
【図 10】

図 10



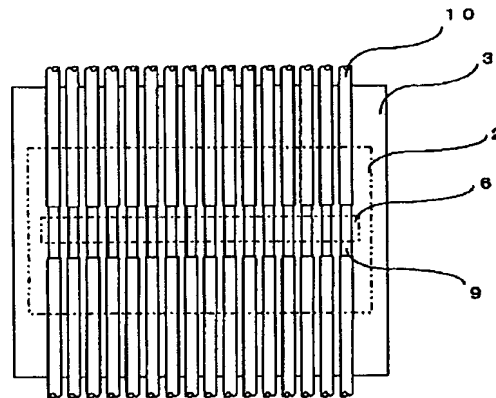
【図 3】

図 3



【図 6】

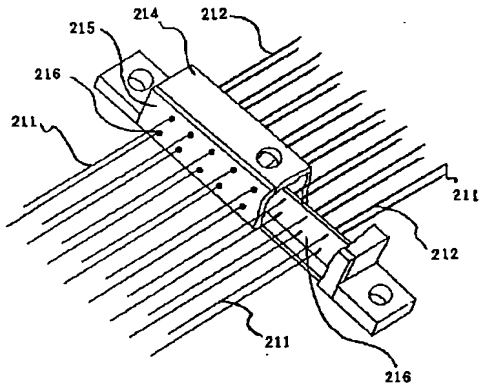
図 6





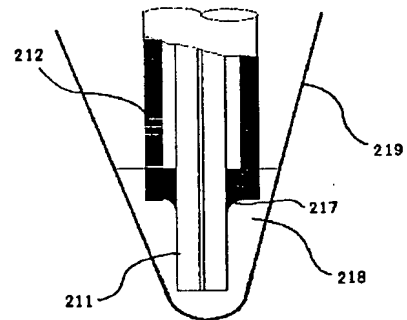
【図 7】

図 7



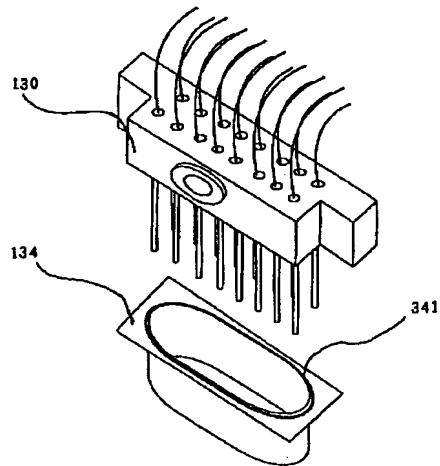
【図 8】

図 8



【図 9】

図 9



フロントページの続き

(72)発明者 塚田 清司  
茨城県ひたちなか市大字市毛882番地 株  
式会社日立製作所計測器グループ内

(72)発明者 鈴木 章浩  
茨城県ひたちなか市大字市毛882番地 株  
式会社日立製作所計測器グループ内

(72)発明者 盛岡 友成  
茨城県ひたちなか市大字市毛882番地 株  
式会社日立製作所計測器グループ内

(72)発明者 小島 正也  
茨城県ひたちなか市大字市毛882番地 株  
式会社日立製作所計測器グループ内

(72)発明者 伊名波 良仁  
茨城県ひたちなか市大字市毛882番地 株  
式会社日立製作所計測器グループ内

(72)発明者 時永 大三  
茨城県ひたちなか市大字市毛882番地 株  
式会社日立製作所計測器グループ内

(72)発明者 山本 周平  
茨城県ひたちなか市大字市毛882番地 株  
式会社日立製作所計測器グループ内  
(72)発明者 沖島 由幸  
茨城県ひたちなか市大字市毛882番地 株  
式会社日立製作所計測器グループ内

(72)発明者 福永 正雄  
茨城県ひたちなか市大字市毛882番地 株  
式会社日立製作所計測器グループ内  
(72)発明者 古川 貴康  
茨城県ひたちなか市大字市毛882番地 株  
式会社日立製作所計測器グループ内  
(72)発明者 庄司 智広  
茨城県ひたちなか市大字市毛882番地 株  
式会社日立製作所計測器グループ内